

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de los parámetros de perforación y voladura
producto de la sobre rotura en la RP 013-NV 1880
para la mejora del rendimiento operacional en el
OB2-2024**

Niger Ochoa Centeno

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2025

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 20 de Marzo de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"Análisis de los Parámetros de Perforación y Voladura Producto de la Sobre Rotura en la Rp 013 – Nv 1880 para la Mejora del Rendimiento Operacional en el OB2 – 2024"

Autores:

1. Níger Ochoa Centeno – EAP. Ingeniería de Minas

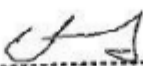
Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|--|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 10 | SI ☒ | NO ☐ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☐ | NO ☒ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,


 **JAVIER CARLOS CORDOVA BLANCAS**
INGENIERO DE MINAS
CIP N° 138244

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de trabajo de investigación

ÍNDICE DE CONTENIDO

ASESOR-----	iv
DEDICATORIA-----	v
AGRADECIMIENTO-----	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO-----	vii
ÍNDICE DE TABLAS-----	ix
ÍNDICE DE FIGURAS -----	xi
RESUMEN-----	xii
ABSTRACT-----	xiii
INTRODUCCIÓN -----	xiv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO-----	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema -----	15
1.1.1. Planteamiento del problema -----	15
1.1.2. Formulación del problema -----	16
1.2. Objetivos-----	16
1.2.1. Objetivo general -----	16
1.2.2. Objetivos específicos -----	17
1.3. Justificación e importancia-----	17
1.3.1. Justificación social - práctica -----	17
1.3.2. Justificación académica-----	17
1.4. Hipótesis de la investigación -----	18
1.4.1. Hipótesis general -----	18
1.4.2. Hipótesis específicas -----	18
1.5. identificación de las variables -----	18
1.5.1. Variable independiente -----	18
1.5.2. Variable dependiente-----	18
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables-----	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO-----	20
2.1 Antecedentes del problema -----	20
2.1.1 Antecedentes internacionales -----	20
2.1.2 Antecedentes nacionales-----	21
2.2 Generalidades de la unidad minera -----	22
2.2.1 Ubicación de la unidad minera -----	22
2.2.2 Accesibilidad a la unidad minera -----	22
2.3 Geología local-----	23
2.3.1 Metalogénesis -----	25

2.3.2 Macizo rocoso-----	25
2.4 Método de explotación -----	26
2.5 Bases teóricas del estudio -----	27
2.5.1 Consideraciones geomecánicas a ser analizados -----	28
2.5.2 Back análisis de sobre rotura en tajeos explotados-----	29
2.5.3 Consideraciones de sobrerotura en tajeos-----	30
2.5.4 Consideraciones de parámetros de perforación y voladura en tajeos-----	32
2.5.5 Diseño malla de perforación y voladura: Rp013 – OB2-----	33
2.5.6 Esquema y parámetros de carguío: Rp013 – OB2-----	36
2.5.7 Distribución de explosivos por columna cargada: Rp013 – OB2-----	37
2.5.8 Sobrerotura en desarrollos: cruceros y galerías -----	38
2.5.9 Costos de acarreo asociado a la sobre rotura programada-----	40
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	44
3.1. Método y alcances de la investigación-----	44
3.1.1. Método de la investigación-----	44
3.1.2. Alcances de la investigación -----	45
3.2. Diseño de la investigación-----	45
3.3. Población y muestra -----	45
3.3.1. Población-----	45
3.3.2. Muestra -----	45
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	45
3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	45
3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	46
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	47
4.1 Análisis de la distribución de explosivos, para el control de la Sobre rotura -----	47
4.2 Análisis de los parámetros de perforación y voladura con la sobre rotura. -----	51
4.3 Análisis del volumen de material con la sobrerotura -----	56
4.4 Análisis de los costos de acarreo relacionado a la sobre rotura -----	60
4.5 Validación de la hipótesis -----	66
CONCLUSIONES -----	70
RECOMENDACIONES -----	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	73
ANEXOS -----	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables	19
Tabla 2. Acceso a la unidad minera	22
Tabla 3. Clasificación macizo rocoso.....	25
Tabla 4. Relación parámetros de PyV con la sobre rotura en tajeos	31
Tabla 5. Relación volumen de material y sobre rotura	31
Tabla 6. Parámetros de perforación y voladura, Rp013 (5.0x4.5m)	35
Tabla 7. Distribución de explosivos por columna cargada en la Rp013 – OB2 (5.0 x 4.5 m)	37
Tabla 8. Sobrerotura en galerías, periodo 2023.....	38
Tabla 9. Sobrerotura en cruceros, periodo 2023.....	39
Tabla 10. Parámetros de diseño, Rp013, Nv1880	40
Tabla 11. Parámetros de volquetes Scania 8x4	41
Tabla 12. Parámetros de velocidades, volquetes Scania 8x4	41
Tabla 13. Parámetros de tiempos, scoops 7 yd ³	41
Tabla 14. Costos de acarreo, rampa Rp013 – Nv 1880, de acuerdo a diseño de mina.....	42
Tabla 15. Distribución de explosivos, rampa Rp013 – Nv 1880, periodo inicial	49
Tabla 16. Distribución de explosivos, rampa Rp013 – Nv 1880, periodo optimizado.....	49
Tabla 17. Resumen comparativo de distribución de carga, periodo inicial y optimizado	50
Tabla 18. Parámetros perforación y voladura – sobre rotura, setiembre.....	51
Tabla 19. Parámetros perforación y voladura – sobrerotura, octubre	52
Tabla 20. Parámetros perforación y voladura – sobre rotura, noviembre	53
Tabla 21. Parámetros perforación y voladura – sobrerotura, diciembre	54
Tabla 22. Resumen parámetros de perforación y voladura – sobre rotura, Rp013, Nv 1880.....	55
Tabla 23. Relación volumen material – sobrerotura, setiembre.....	56
Tabla 24. Relación volumen material – sobrerotura, octubre	57
Tabla 25. Relación volumen material – sobrerotura, noviembre	58
Tabla 26. Relación volumen material – sobrerotura, diciembre	59
Tabla 27. Resumen de volumen material – sobrerotura, inicial y optimizado	60
Tabla 28. Parámetros de sección – sobrerotura, periodo inicial	61
Tabla 29. Costos de acarreo de sobrerotura, periodo inicial.....	62
Tabla 30. Parámetros de sección – sobrerotura, periodo optimizado.....	63
Tabla 31. Costos de acarreo de sobrerotura, periodo optimizado	64
Tabla 32. Resumen de costos de acarreo, sobrerotura inicial y optimizado.....	66
Tabla 33. Resumen de distribución de explosivos, rampa Rp013, Nv 1880.....	67

Tabla 34. Validación parámetros perforación y voladura, Rp013 – Nv 1880.....	67
Tabla 35. Validación volumen desmonte, Rp013 – Nv 1880	68
Tabla 36. Validación costos de acarreo (sobrerotura), Rp013 – Nv 1880	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación	22
Figura 2. Geología local	24
Figura 3. Área de mineralización	25
Figura 4. Geomecánica del Nv 1880, OB2.....	26
Figura 5. Diseño método minado SLS	27
Figura 6. Geomecánica, roca caja – volcánico Rp 013.....	28
Figura 7. Sobrerotura asociada al Tj 075 – OB2	29
Figura 8. Sobrerotura asociada al Tj 930 – OB2	30
Figura 9. Relación de la sobre rotura con los parámetros de perforación	31
Figura 10. Relación de volumen de material y sobrerotura	32
Figura 11. Diseño de malla de PyV, tajo T-029D, cuerpo mineralizado OB2.....	32
Figura 12. Distribución de taladros en la sección NE1, tajo T-029D	33
Figura 13. Plano en planta de la Rp013, cuerpo mineralizado OB2	34
Figura 14. Diseño de malla de perforación y voladura, Rp013 - OB2.....	35
Figura 15. Esquema y parámetros de carguío, Rp013 - OB2	36
Figura 16. Sobre rotura en galerías de 5.0x4.5 m, periodo2023	38
Figura 17. Sobrerotura en galerías de 5.0x4.5 m, periodo2023	39
Figura 18. Layout de acarreo en la Rp013, Nv 1880	40
Figura 19. Diseño de malla de perforación y voladura en rampa Rp013, Nv 1880	48
Figura 20. Parámetros perforación y voladura – sobrerotura, Rp013 - Nv 1880, setiembre ...	51
Figura 21. Parámetros perforación y voladura – sobrerotura, Rp013 - Nv 1880, octubre	52
Figura 22. Parámetros perforación y voladura – sobrerotura, Rp013 - Nv 1880, noviembre .	53
Figura 23. Parámetros perforación y voladura – sobrerotura, Rp013 - Nv 1880, diciembre...	54
Figura 24. Resumen parámetros perforación y voladura – sobre rotura	55
Figura 25. Relación volumen – sobrerotura, setiembre	56
Figura 26. Relación volumen – sobrerotura, octubre.....	57
Figura 27. Relación volumen – sobrerotura, noviembre.....	58
Figura 28. Relación volumen – sobrerotura, diciembre.....	59
Figura 29. Resumen volumen desmonte – sobrerotura, Rp013, Nv 1880.....	60
Figura 30. Validación parámetros perforación y voladura – sobrerotura.....	67
Figura 31. Validación volumen desmonte y sobrerotura	68
Figura 32. Validación costos acarreo y sobrerotura	69

RESUMEN

El objetivo principal del trabajo de investigación fue mejorar el rendimiento operacional del cuerpo mineralizado OB2, incidiendo en el análisis de los parámetros de perforación y voladura, producto del desarrollo de la rampa Rp013, Nv 1880 considerando el efecto que genera la sobrerotura y su incidencia en los costos de acarreo. El estudio involucra el análisis del avance efectivo, metros perforados, kilogramos de explosivos y su distribución asociada al diseño de malla, durante el escenario inicial (setiembre y octubre) y optimizado (noviembre y diciembre), para luego, relacionar los parámetros de perforación y voladura, volumen de desmonte y costos de acarreo con la sobre rotura.

Considera la aplicación del método inductivo – deductivo, donde el método inductivo permite recopilar y conocer el comportamiento de las variables de perforación y voladura en el desarrollo de la rampa Rp013, Nv 1880 y el método deductivo analiza su influencia en la sobrerotura y su relación con la mejora del rendimiento operacional en el cuerpo mineralizado OB2.

El análisis de los parámetros de perforación y voladura considera los siguientes resultados en la mejora del escenario optimizado (noviembre y diciembre): incremento del avance real de 3.67 m/disparo (escenario inicial) a 3.89 m/disparo (escenario optimizado) en 0.22 m/disparo, esta mejora involucra mayores metros perforados en 1,696.49 m, mayores kilos de explosivos en 2,502.65 kg. La mejora y control de la redistribución de la carga en el diseño de malla de perforación y voladura, involucra una menor sobre rotura en los periodos de estudio (inicial y optimizado) de 13.86 % a 9.09 %, con una disminución del 4.76 %, generando una mejora en el rendimiento operacional de la unidad minera.

El incremento de volumen de desmonte generado producto de la sobrerotura en el desarrollo de la rampa Rp013, Nv 1880, considerado para el periodo inicial de 841.50 m³ y de 544.50 m³ en el periodo optimizado.

El costo de acarreo en volúmenes de desmonte, producto de la sobre rotura durante el periodo inicial fueron de \$ 2,549 y durante el periodo optimizado con \$ 1,649, este menor costo fue producto de la reducción de la sobre rotura durante los periodos analizados de 13.86 % a 9.09 %.

Palabras clave: sobrerotura, perforación y voladura, volumen de desmonte, diseño de malla, factor de carga, costos de acarreo, etc.

ABSTRACT

The main objective of the research work was to improve the operational performance of the mineralized body OB2, focusing on the analysis of the drilling and blasting parameters, product of the development of the ramp Rp013, Nv 1880, considering the effect generated by the overbreaking and its incidence on the transport costs. The study involves the analysis of the effective progress, meters drilled, kilograms of explosives and their distribution associated with the mesh design, during the initial scenario (September and October) and optimized (November and December). Then, to relate the drilling and blasting parameters, waste volume and transport costs with the overbreaking.

It considers the application of the inductive-deductive method, where the inductive method allows to collect and know the behavior of the drilling and blasting variables in the development of the ramp Rp013, Nv 1880 and the deductive method analyzes its influence on the overbreaking and its relationship with the improvement of the operational performance in the mineralized body OB2.

The analysis of the drilling and blasting parameters considers the following results in the improvement of the optimized scenario (November and December): increase in the actual advance from 3.67 m/shot (initial scenario) to 3.89 m/shot (optimized scenario) by 0.22 m/shot, this improvement involves more drilled meters by 1,696.49 m, more kilos of explosives by 2,502.65 kg. The improvement and control of the load redistribution in the drilling and blasting mesh design, involves a lower over breakage in the study periods (initial and optimized) from 13.86% to 9.09%, with a decrease of 4.76%, generating an improvement in the operational performance of the mining unit. The increase in the volume of waste generated by overbreaking in the development of the ramp Rp013, Nv 1880, considered for the initial period of 841.50 m³ and 544.50 m³ in the optimized period.

The cost of hauling in volumes of waste, product of overbreaking during the initial period was US \$ 2,549 and during the optimized period with US \$ 1,649, this lower cost was the result of the reduction of overbreaking during the periods analyzed from 13.86% to 9.09%.

Keywords: overbreaking, drilling and blasting, waste volume, mesh design, load factor, hauling costs, etc.